云 南 植 物 研 究 2009，31 (1)：49～56
Acta Botanica Yunnanica DOI：10.3724 SP.J.1143.2009.08116

四川唐家河自然保护区西北至东南方向景观格局的梯度变化

黄尤优[1,2]，刘守江[3]，胡进耀[4]，乔 波[1,2]，崔诗法[1,2]，胥 晓[1,2]
(1 四川省环境科学与生物多样性保护重点实验室，四川 南充 637002；2 西华师范大学生命科学院，四川 南充 637002；
3 西华师范大学国土资源学院，四川 南充 637002；4 绵阳师范学院生命科学学院，四川 绵阳 621000)

摘要：通过设置西北至东南方向样带的方式，对唐家河自然保护区的遥感解译图像从景观和类型两种水平上分析了该区植被景观格局的梯度变化。结果表明：1) 该区域内森林植被状况良好，林地分布面积达到91.65%。其中，常绿落叶阔叶混交林的面积最大，是区域的景观基质，而亚高山灌丛草甸以及农耕地等在整个区域内分布面积较小，边界较简单，景观地位弱。2) 沿样带方向，景观水平上的指数具有上升型、下降型和无明显趋势3种变化，表现为边界密度、邻近度、形状指数、斑块分形指数的递增，平均斑块面积和最近距离的递减，以及香农多样性和均匀性、最大斑块面积和散布与并列指数的稳定波动。3) 该区景观类型以次生落叶阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、针阔叶混交林和针叶林为主，其景观指数波动变化显著、具明显的峰值。

关键词：梯度分析；景观格局；植被景观；景观指数；唐家河自然保护区
中图分类号：Q 948 **文献标识码**：A **文章编号**：0253-2700 (2009) 01-049-08

Gradient Variations in Landscape Pattern from Northwest to Southeast in Tangjiahe Nature Reserve, Sichuan Province

HUANG You-You[1,2], LIU Shou-Jiang[3], HU Jin-Yao[4], QIAO Bo[1,2], CUI Shi-Fa[1,2], XU Xiao[1,2]**
(1 *Sichuan Provincial Key Laboratory of Environmental and Biodiversity Conservation*, Nanchong 637002, China;
2 *College of Life Sciences, China West Normal University*, Nanchong, 637002, China;
3 *Land and Resources College, China West Normal University*, Nanchong, 637002, China;
4 *College of Life Science, Mianyang Normal University*, Mianyang 621000, China)

Abstract: To explore gradient variations of landscape pattern in Tangjiahe nature reserve, the belt transect (width of 2 km and length of 22 km) was set from northwest to southeast on the remote sensing vegetation image by employing GIS technology. Our results indicate that: (1) as a well-developed vegetation type, the woodland distributes widely in the nature reserve and occupies approximately 91.65% of the total study area. In detail, the evergreen broad-leaved and deciduous broad-leaved mixed forest is considered as background of landscape in the reserve because of biggest distribution area. In contrast, sub-alpine shrub meadow and farmland have lower heterogeneity degree because of small area and simple patch edge. (2) With space change from northwest to southeast, the landscape indices vary in three different ways at the landscape scale: increasing, decreasing and no consistent trend. In general, value of some indices, such as edge density, mean proximity index, landscape shape index and mean patch fractal dimension, maintains a increasing trend along the belt transect, but the value of mean patch size index and mean nearest neighbor distance index decrease obviously. The other

---

基金项目：四川省教育厅青年基金项目 (2002B18)；四川省重点学科建设项目 (SZD0420)
通讯作者：Author for correspondence; E-mail: xuxiao_cwnu@163.com
收稿日期：2008-06-15，2008-10-06 接受发表
作者简介：黄尤优 (1981-) 女，汉族，硕士研究生，从事景观生态学和信息技术研究。E-mail: yyhuang2005@126.com

indices such as Shannon's diversity index, Shannon's evenness index, largest patch index and interspersion juxtaposition index keep a steady fluctuate. (3) On the other hand, secondary deciduous broad-leaved forest, evergreen broad-leaved and deciduous broad-leaved mixed forest, coniferous and broad-leaved mixed forest and coniferous forest are dominant classes at the patch scale, and have obvious peaks in variation of landscape indices value along belt transect in the reserve.
Key words: Gradient analysis; Landscape pattern; Vegetation landscape; Landscape Index; Tangjiahe nature reserve

近年由于地理信息系统 (GIS) 与景观生态学的结合，使得景观格局分析在研究景观结构、功能、动态的方法上发生显著变化 (邬建国，2000; Wu，2004; 张利权等，2004)，应用领域也逐步扩展到野生动物栖息地保护、城市景观格局变化、土壤侵蚀格局演变等方面 (赵文武等，2003; 王库等，2003; 仝川等，2003; Luck and Wu，2002; 毕晓丽等，2005)。然而，众多研究的重点趋向于景观粒度与幅度的变化，而常常忽略景观格局的第三维——景观梯度的研究 (刘传胜等，2007)，进而限制了连续空间结构现象定量分析的灵活性与效率 (Luck and Wu，2002; Wu 等，2002)。因此本文结合 RS 与 GIS 技术，通过设置样带的方式，对唐家河自然保护区的遥感解译图像从景观和类型两种水平上分析了植被景观格局在西北至东南方向 (地势走向) 的空间梯度变化，研究结果不仅可揭示该区域的景观分布特征结构和空间梯度变化规律，而且也为当地景观生态环境的宏观保护提供参考依据。

唐家河自然保护区地处横断山区，保持了典型的自然生态系统，具有突出的代表性和典型性 (胡锦矗等，2005)。目前该区的研究工作主要集中于珍稀动物和其它兽类方面，如大熊猫种群生存力分析 (张泽钧等，2002) 和基因流的评估 (万秋红等，2005)、小型哺乳动物空间生态位的研究 (王 等，2005) 等，而在植被及其景观格局梯度方面的研究甚少。考虑到西北至东南方向的植被样带能浓缩整个区域生态环境的特征以及众多沟壑所引起的海拔梯度变化特征，同时又具有明显的变化特点，能完整体现该区域内的植被景观梯度特征。因此，本文通过 GIS 技术与景观生态学相结合的方法，充分利用 ArcView GIS 强大的空间分析功能对唐家河自然保护区沿西北至东南方向上植被格局的梯度变化进行分析，以期为该保护区的规划和管理提供参考依据。

1 研究区域概况

唐家河自然保护区位于四川盆地西北缘摩天岭南麓，属广元市青川县。东经 104°24′～104°53′，北纬 32°32′～32°41′，东西长约 24.5 km，南北宽约 18.5 km，总面积约 400 km^2，为横断山脉北端向青藏高原的过渡地带，是川西高原与盆地边缘接壤的高山峡谷区。地势西北高东南低，最高峰大草坪海拔 3 864 m，最低点石罐子海拔 1 250 m。境内年平均降水量为 1 021.7 mm，年平均气温为 12℃，年平均日照时数为 1 337.6 h。1978 年经国务院批准建立后，1986 年 7 月正式升为国家级自然保护区。境内由于山体高大，地形复杂，气候垂直分带明显，其自然植被具有典型的山地植被垂直带谱特征。其中，常绿阔叶林的优势种有细叶青冈 (*Cyclobalanopsis glauca* var. *gracilis*)、油樟 (*Cinnamomum longepaniculatum*)、卵叶钓樟 (*Lindera limprichtii*)；常绿落叶阔叶混交林的优势种有细叶青冈、卵叶钓樟、油樟以及糙皮桦 (*Betula utilis*)、水青树 (*Tetracentron sinense*) 等；次生落叶阔叶林的优势种有桤木 (*Alnus cremastogyne*)、四蕊槭 (*Acer tetramerum*)、青榨槭 (*Acer davidii*) 等；针阔叶混交林的优势种有麦吊云杉 (*Picea brachytyla*)、华山松 (*Pinus armandi*)、铁杉 (*Tsuga chinensis*) 等；亚高山针叶林的优势种有华山松、麦吊云杉、峨眉冷杉 (*Abies fabri*) 等；亚高山草甸的优势种有高山羊茅 (*Festuca subalpina*)、紫鳞苔草 (*Carex souliei*)、银莲花 (*Anemone* spp.) 等；高山灌丛的优势种有紫丁杜鹃 (*Rhododendron violaceum*)、金露梅 (*Potentilla fruticosa*) 和香柏 (*Sabina squamata* var. *wilsonii*) 等 (胡锦矗等，2005; 谌利民等，1999)。

2 研究方法

2.1 遥感数据处理

利用 ERDAS 软件对美国陆地资源卫星 7 号 (LANDSAT-7) 于 2001 年 3 月 10 日获取的 ETM^+ 遥感数据进行假彩色合成，为了准确地反映地表森林植被覆盖信息，合成的波段选用 TM3、TM4 和 TM5 波段 (傅肃性，2002)。合成

后的遥感图像经过拼接、镶嵌和整饰后，形成植被信息全幅遥感图片。此后，利用模块 Signature Editor 的 Evaluation 功能对分类模板进行精度评估并进行调整，再运用 ERDAS IMAGINE 9.1 软件进行监督分类解译。解译结果经地面实测数据（西华师范大学珍稀动植物研究所的植被调查资料）验证和精度评价（党安荣等，2003；曹宇等，2005）后，形成解译精度为 85％的植被类型分布图（图 1）。

2.2　景观划分及样带设置

参照《中国植被》和《四川植被》的分类原则，并结合实际调查情况，将整个保护区内的植被景观划分为常绿阔叶林、次生落叶阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、针阔叶混交林、针叶林、亚高山灌丛、亚高山草甸、高山灌丛、河道、农耕地等 10 大类。为了最大限度囊括保护区植被，设置样方数最多，样带最长，利用 ArcView GIS 软件在植被类型图上从西北到东南方向设置 1 条样带，样带宽为 2 km，长为 22 km，样带由系列 2 km×2 km 的 11 个样方构成（图 1）。

2.3　分析指标及计算方法

根据研究区域特点，分别选取度量景观组分的斑块面积（Class area，CA）、反映破碎化程度的斑块数量(Number of patch，NP)、反映边界总长度的边界周长（Total edge，TE)、揭示景观整体边界复杂程度的边界密度(Edge density，ED)、反映斑块大小的平均斑块面积(Mean patch size index，MPS)、反映斑块形状复杂程度的平均斑块形状指数（Mean Shape index，MSI)、确定景观要素丰度、决定要素优势地位的最大斑块指数（Largest patch index，LPI)、度量斑块边界复杂程度的平均斑块分维数（Mean patch fractal dimension，MPFD)、度量同种景观组分各斑块间邻近程度的平均邻近度指数（Mean proximity index，MPI)、决定形状偏离规则圆形程度的景观形状指数（Landscape shape index，LSI)、反映景观空间格局，度量斑块间的镶嵌程度的散布与并列指数（Interspersion juxtaposition index，IJI)、揭示斑块团聚与分散程度，度量同种斑块间相隔距离的平均最近距离（Mean nearest neighbor distance，MNN）以及反映景观异质性和多样性的香农多样性指数（Shannon′s diversity index，SHDI）与反映斑块分布均匀程度的香农均匀性指数（Shannon′s evenness index，SHEI）等指标对西北至东南方向景观格局的梯度变化进行分析。指数的公式和计算方法见 McGarigal 和 Marks 对 Fragstats 中各公式的解释和说明（McGarigal and Marks，1995；布仁仓等，2005)。

3　结果与分析

3.1　景观格局整体特征分析

植被景观的整体结构能充分反映出各植被类型在分布面积和分布形状上的特征（Forman，1995)。故利用 ArcView GIS 软件分别在景观与类

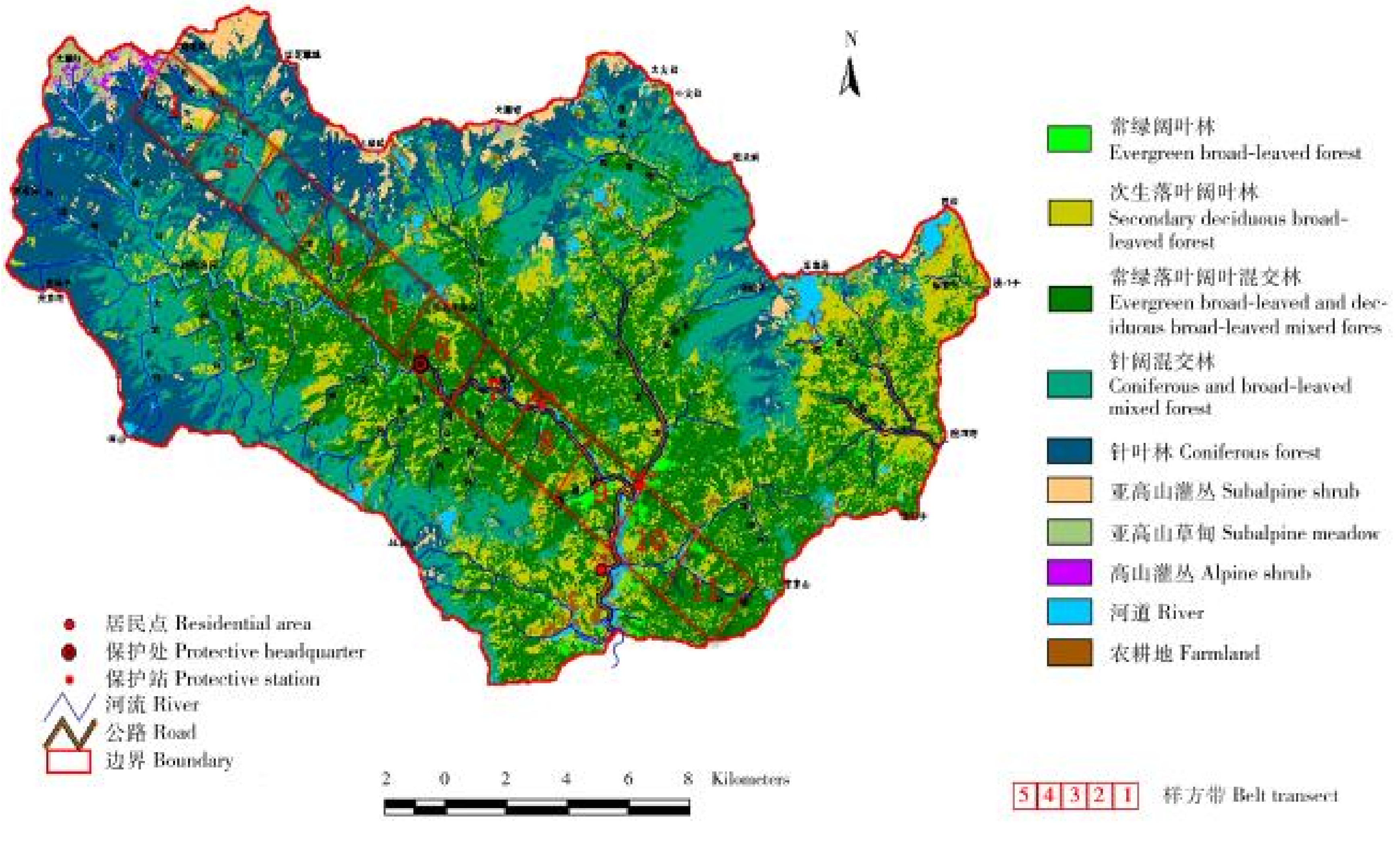

图 1　唐家河自然保护区植被类型图及样带设置

Fig. 1　The vegetation types and setting of belt transects in Tangjiahe Nature Reserve

型水平上对植被类型图（图1）进行分析，得到该区植被景观的总体特征（表1）。

由表1可知，在景观水平上，整个保护区共有8 855个斑块，总的斑块面积约37 302 hm^2，多样性指数为1.41，均匀度指数为0.57。

在类型水平上，研究区域内林地（指阔叶林、针叶林以及针阔混交林）分布面积最大，占总面积的91.65%，从整体上反映了该区域主要的植被类型，说明该区域内森林植被状况良好，森林分布广阔。其中次生落叶阔叶林NP、TE、MSI值最大（分别为：4203，4 788.2 km，2.31），说明在整个区域中分布较广，但边界最为复杂，形状最不规则；常绿落叶阔叶混交林的CA、ED值最大（分别为：12 265 hm^2，47.43），说明该植被类型是区域的基质，分布最广，边界形状复杂；与常绿落叶阔叶混交林相比，针阔叶混交林的CA、TE、ED值仅略低于它，而NP、MSI、IJI值高于它，说明该类型连接度较高，同时较大的分布面积和边界密度决定了其仅次于基质的优势地位；针叶林的各个指数值均在以上三种类型之后，但明显高于其他类型，说明该植被类型仍然是该区域的主要植被类型之一，并且分布相对集中。此外，高山灌丛在整个区域景观中分布面积最小（95 hm^2）、斑块数量最少（79）、边界最简单（0.82）。亚高山灌丛、亚高山草甸、河道以及农耕地在整个区域内虽也占一定比重（8.09%），但分布面积较小、边界简单、景观地位弱。

3.2　景观格局变化梯度分析

在植被类型图（图1）基础上，沿西北至东南方向依次实现11个样方栅格主题的裁剪，并在景观水平上选择ED、LSI、MPFD、MPI、MPS、MNN、LPI、IJI、SHEI和SHDI 10个指数进行景观格局梯度分析（图2）。

从图2 A1至A4可看出，随着样带西北至东南延伸，ED、LSI、MPFD和MPI指数均表现出整体波动上升的变化趋势。其中ED、LSI、MPFD值均分别从西北端的最低值163.15、9.24、1.13（样方3处）缓慢上升到东南端的较高值275.51、15.6、1.16（样方9处），MPI值则从初始值748.39明显波动上升到最终值2 855.49。虽然ED、LSI值在样方4处出现最高值276.64和15.79，MPI在样方8处出现最低值690.49，但从趋势图中可以较为明显的看出它们并不影响其整体上升的变化趋势，可能与样方所处的特殊地形有关。由此表明沿西北至东南方向斑块数量增多、斑块间距加大、边界越不规则、景观整体复杂度增加。这主要是由于该保护区地势自西北向东南倾斜，西北端地形较为复杂，高差悬殊较大；至东南端，地势越趋平坦，人为干扰力度加大等造成的格局变化。

从图2 B1、B2可看出，MPS、MNN指数均表现出整体波动下降的变化趋势。MPS值从西北端的最高值4.54（样方2处）经历3次上下波动后缓慢降低到东南端的较低值2.92（样方10处），并在样方4处出现最低值2.41。MNN值则从西北端的最高值4.54（样方2处）113.6经历2次上下波动明显下降到最低值44.3（样方7处）后基本保持其最低值不变延伸至东南端。进一步

表1　唐家河自然保护区植被景观的总体特征

Table 1　The landscape characteristics of vegetation in Tangjiahe Natural Reserve

指数 Index	植被类型 Vegetation type A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	景观 Landscape
CA（hm^2）	320	6867	12265	8349	6387	1094	422	95	990	513	37302
CA%	0.86	18.41	32.88	22.38	17.12	2.93	1.13	0.25	2.65	1.38	99.99
NP	197	4203	1018	1220	705	480	176	79	498	279	8855
TE（km）	189.3	4788.2	4273.9	2869.7	1539.3	483.0	168.2	73.7	439.3	279.8	15104.4
ED	2.10	26.55	47.43	31.85	17.08	5.36	1.87	0.82	4.88	3.11	14.11
MSI	2.08	2.31	2.15	2.17	2.13	1.83	1.70	2.06	1.81	1.90	2.01
IJI	28.75	39.65	49.46	56.36	36.53	58.67	64.72	34.80	72.31	43.48	48.47
SHDI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.41
SHEI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.57

notes：1、A：常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest；B：次生落叶阔叶林 Secondary deciduous broad-leaved forest；C：常绿落叶阔叶混交林 Evergreen broad-leaved and deciduous broad-leaved mixed forest；D：针阔叶混交林 Coniferous and broad-leaved mixed forest；E：针叶林 Coniferous forest；F：亚高山灌丛 Subalpine shrub；G：亚高山草甸 Subalpine meadow；H：高山灌丛 Alpine shrub；I：河道 River；J：农耕地 Farmland

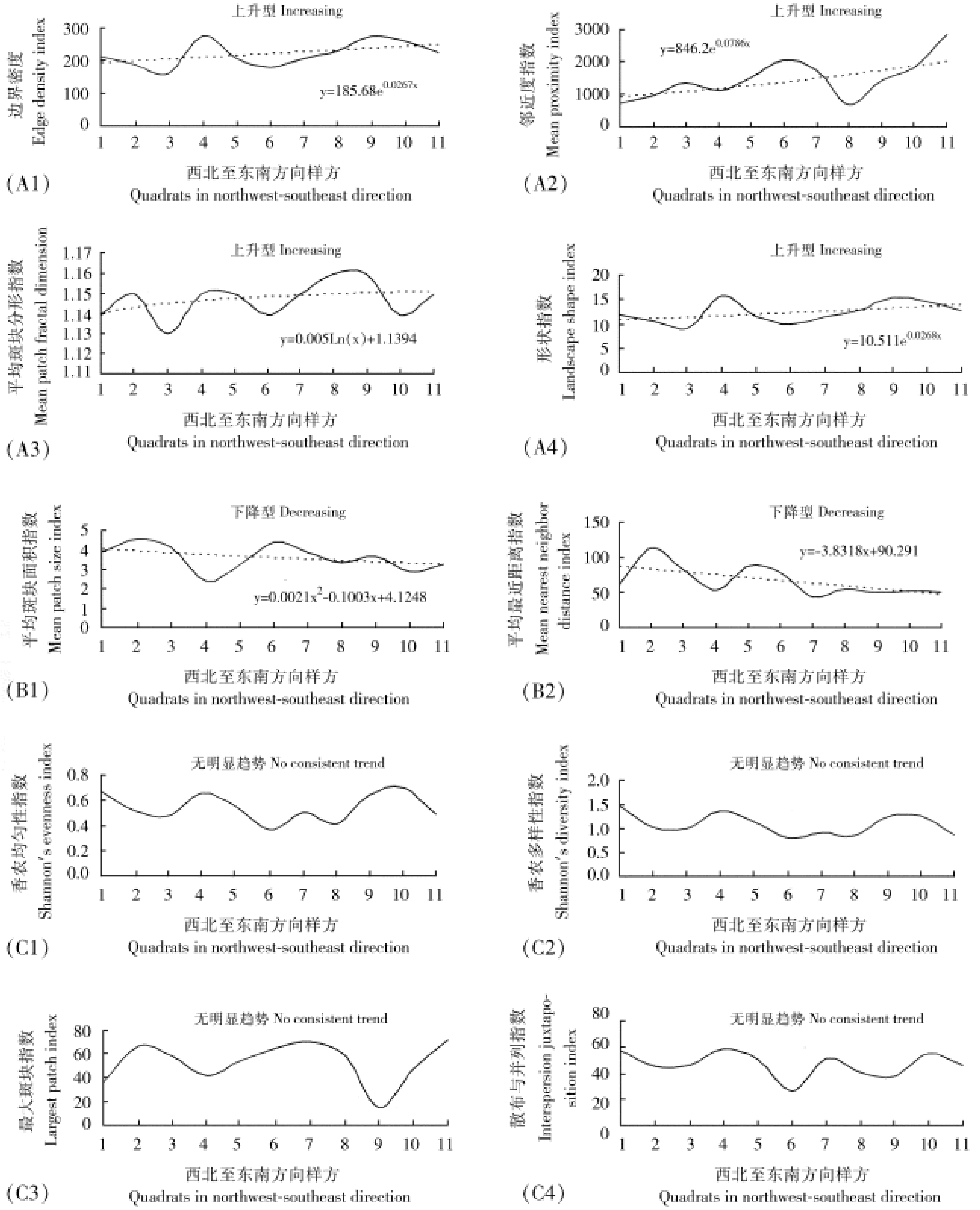

图 2　景观水平上的指数梯度变化

Fig. 2　The gradient variation of the indices on the landscape scale

表明沿西北至东南方向平均斑块面积减少，斑块聚集度降低，破碎化程度增加。

从图 2 C1 至 C4 可看出，SHEI、SHDI 值分别在最低值 0.37、0.82 与最高值 0.71、1.36 之间来回微幅波动；而 LPI、IJI 值则分别在最低值 15.91、26.99 与最高值 72.47、58.57 之间波动，

没有明显的变化趋势，均呈现出不规则的波动曲线。表明沿西北至东南方向，斑块丰度较为均匀，多样性相当，优势植被不典型。

3.3 不同植被类型的格局变化梯度分析

不同的植被类型沿西北至东南方向具有不同的梯度变化特征，在类型水平上选择 NP、ED、CA、MPS、MSI、LPI、MPI、TE、MNN 和 IJI10 个指数分别对 11 个样方栅格主题中的具体植被类型进行梯度变化分析。总体上讲常绿阔叶林、亚高山灌丛草甸以及农耕地等的指数值均较小，几乎接近横坐标，甚至没有；而次生落叶阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、针阔叶混交林和针叶林的指数值都具有明显的峰值，并且值偏大，变化明显。因此，在类型水平上以这 4 种主要植被类型为主要研究对象（图 3）。

从图 3 可看出，随着样带从西北至东南方向延伸，次生落叶阔叶林的 CA、ED、TE 值分别从 15.23 hm^2、15.53、14.740 km（样方 3 处）整体波动上升至 189.16 hm^2、116.48、115.760 km（样方 9 处）；NP、LPI、MPI 值相对较小，但变化较为复杂，不断出现微幅的上下波动；而 MPS、MSI 值变化不大，西北端与东南端值相近。MNN、IJI 值的变化趋势相反，但均经历明显的无规则上下波动；由此可见，从西北到东南方向，次生落叶阔叶林面积波动增加，密度增大，优势地位加强，两端连接度高，中部较低，破碎化程度无明显变化。

常绿落叶阔叶混交林，CA、MPS、LPI、MPI 值分别先逐渐升高到 377.91 hm^2、41.99、70.64、22 573，近东南端时则分别先降低到 220.81 hm^2、4.33、15.91、2 301.4 后再升高到最终值 375.35 hm^2、23.46、72.47、26 661；而 NP、MNN 值则经历 2 次波动，且两端值较高，中间低；TE、ED 值则从西北端的 0 值整体上升到东南端的最高值 110.620 km 和 215.57（样方 9 处）；同时 MSI 值在东南方向先升后降，IJI 值整体上却无明显变化趋势。由此可见，从西北到东南方向，次生落叶阔叶林逐渐增多，景观复杂度增加，到东南方向有所降低；另外在两端破碎化程度高但连接性好，中部则相反。

针阔叶混交林和针叶林，主要集中在西北端，指数值前者大多呈先升后降的变化趋势，分布面积先增加后降低，边界先简单后复杂，而破碎化程度和连接度变化不明显。而后者大多呈下降趋势，面积逐渐减少，边缘变的越来越复杂。

4 讨论

目前，由 Whittaker（1975）用于植被研究所发展的梯度分析已被用于研究城市化对植物分布（Kowarik，1990；Sukopp，1998；黄小富等，2008）和生态系统（McDonnell and Pickett，1990）的影响。同时，景观指数在景观格局和动态分析中得到广泛应用（邬建国，2000；傅伯杰等，2002；胥晓和苏智先，2005）。但它们针对森林景观的研究却相对较少，尤其是西南地区植被复杂的高山峡谷带。本研究以森林景观生态学为途径，应用基于 GIS 的梯度分析与景观格局分析相结合的方法，利用景观指数定量分析唐家河自然保护区西北至东南方向植被景观格局的梯度变化。

研究结果表明：从景观水平上看，唐家河自然保护区呈现出以常绿落叶阔叶混交林为基质的植被景观分布特征，保护区内植被类型丰富多样、地势高低起伏、植被错综复杂。沿西北至东南方向，在景观水平上斑块数量增多、聚集度降低、平均斑块面积减少、破碎度增加，景观整体变得复杂。在类型水平上以次生落叶阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、针阔叶混交林和针叶林为主，并且均表现出了不同的梯度变化特征。次生落叶阔叶林面积波动增加，密度增大，优势地位加强；次生落叶阔叶林数量增多，复杂度增加，两端破碎化程度高，中部较低。针阔叶混交林和针叶林，主要集中在西北端，前者分布面积先增加后减少，边界先简单后复杂，后者面积逐渐减少，边缘变得越来越复杂。从植被景观的实际分布看，由于保护区正处于横断山脉北端向青藏高原过渡地带，其地质、地貌、土壤、气候等自然要素也处于交汇地带，植被处于东部常绿阔叶林和西部硬叶常绿阔叶林结合部，因此保护区内植被景观多样性程度较高，景观要素类型丰富，存在 10 种主要植被类型。沿西北至东南方向，西北端样带内流经延儿岩沟、石桥河及其支沟，中部样带约 10 km 至 14 km 处水系分布较少，而 14 km 至 18 km 处流经主河流清水河及其支流，到东南端样带内沟壑再次减少。一方面促使了景观格局梯度变化的形成，另一方面也间接导致了各

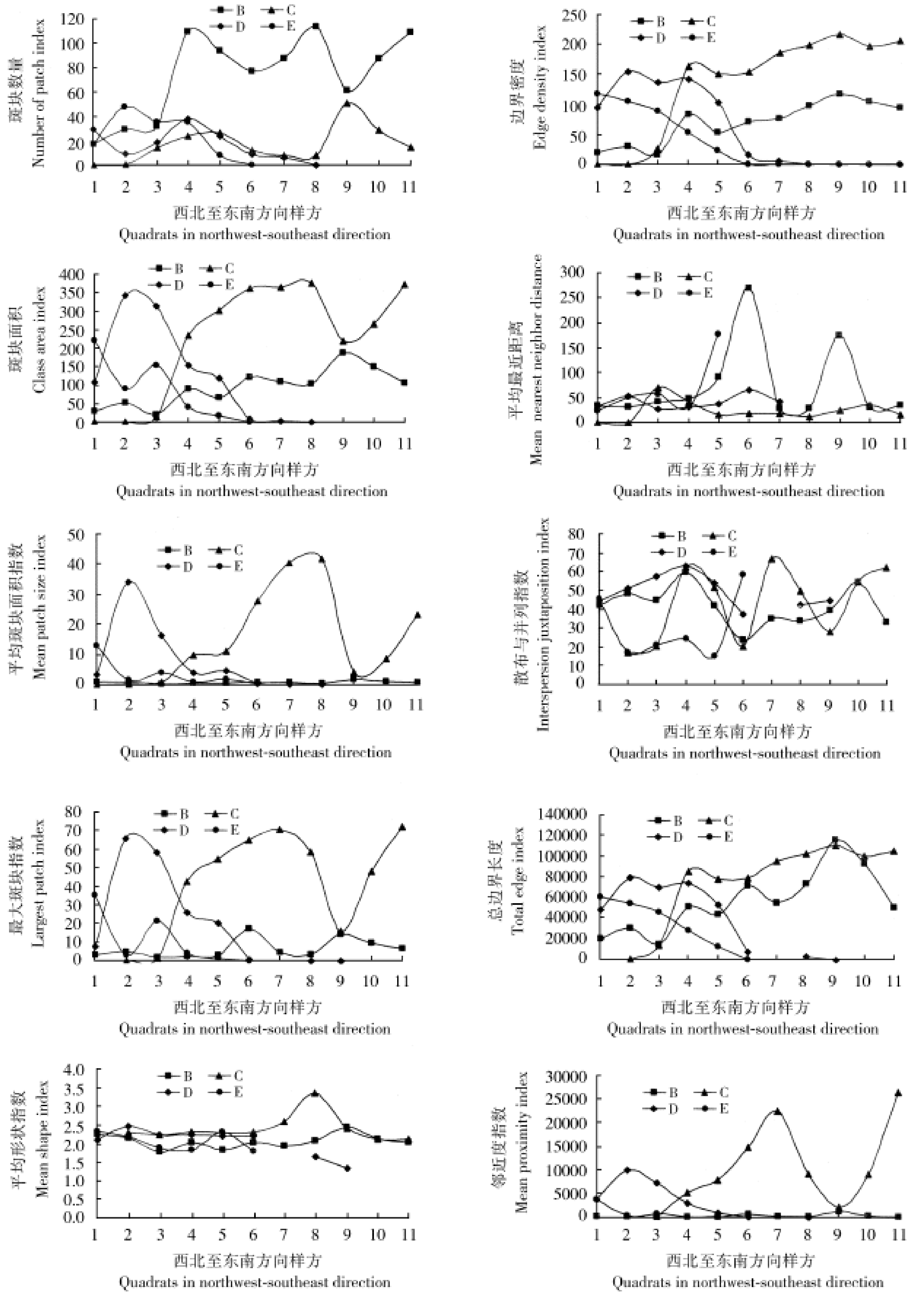

图 3　不同植被景观类型的景观指数梯度变化（注：B～E 同表 1）

Fig . 3　The gradient variation of the landscape indices for the different vegetation types (B-E is as the same as table 1)

景观指数峰值的出现。同时，该方向自然植被主要分布在西北至中部地区，这些区域由于地形复杂，受到人为干扰相对较小，植被类型完整，景观异质性较高。向东南方向延伸，地势趋于平坦，人为干扰强度加大，自然植被交错分布，破碎化程度加大，多样性降低。

〔参 考 文 献〕

邬建国，2000．景观生态学——格局过程、尺度与等级［M］．北京：高等教育出版社，19—112

胡锦矗，胥晓，张君等，2005．四川唐家河自然保护区综合科学考察报告［M］．成都：四川科学技术出版社，12—37

党安荣，王晓栋，陈晓峰等，2003．ERDAS IMAGINE 遥感图像处理方法［M］．北京：清华大学出版社，189—219

傅伯杰，陈立顶，马克明等，2002．景观生态学原理及应用［M］．北京：科学出版社，126—130

傅肃性，2002．遥感专题分析与地学图谱［M］．北京：科学出版社，145—159

Bi XL（毕晓丽），Zhou R（周睿），Liu LJ（刘丽娟）*et al.*，2005．Gradient variations in landscape pattern along the Jinghe River and their driving forces［J］．*Acta Ecologica Sinica*（生态学报），25（5）：1041—1049

Bu RC（布仁仓），Hu YM（胡远满），Chang Y（常禹）*et al.*，2005．A correlation analysis on landscape metrics［J］．*Acta Ecologica Sinica*（生态学报），10（10）：2764—2774

Cao Y（曹宇），Ou YH（欧阳华），Xiao DN（肖笃宁）*et al.*，2005．Landscape change and its eco-environmental effects in Ejina natural oasis［J］．*Geographical Reseach*（地理研究），24（1）：130—139

Chen LM（谌利民），Gao ZF（高正发），Ou WF（欧维富）*et al.*，1999．The investigation of amphibians and reptiles in Tangjiahe nature reserve［J］．*Sichuan Journal of Zoology*（四川动物），18（3）：132—134

Forman RTT，1995．Landscape Mosaics．The Ecology of Landscape and Regions［M］．Cambridge：Cambridge University Press，3—38

Huang XF（黄小富），Xiong H（熊华），Xu X（胥晓）*et al.*，2008．Spatial gradient variations of vegetation landscape heterogeneity in Jialing River basin［J］．*Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*（西北植物学报），28（2）：0362—0369

Kowarik I，1990．Some responses of flora and vegetation to urbanization in central Rurope［A］．In：Sukopp H，Hejny S，Kowarik I eds．Urban Ecology：Plants and Plant Communities in Urban Environments［M］．The Hague，Netherlands；SPR Academic Publishing，45—74

Liu CS（刘传胜），Zhang WC（张万昌），Yong B（雍斌），2007．A study on dynamics of oasis landscape pattern and its gradient analysis by using remote sensing techniques［J］．*Remote Sensing Information*（遥感信息），（3）：62—66

Luck M，Wu JG，2002．A gradient analysis of urban landscape pattern：a case study from the Phoenix metropolitan region，Arizona，USA［J］．*Landscape Ecology*，17：327—339

McDonnell MJ，Pickett STA，1990．Ecosystem structure and function along urban-rural gradients：an unexploited opportunity for ecology［J］．*Ecology*，71：1232—1237

McGarigal K，Marks BJ，1995．FRAGSTATS：Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure［R］．Reference manual．Forest Science Department，Oregon State University，Corvallis Oregon，March．62 pp．＋Append，80—122

Sukopp H，1998．Urban ecology-scientific and practical aspects［A］．In：Breuste J，Feldmann H，Uhlmann O eds．Urban ecology．Badin：Springer，3—16

Tong C（仝川），Jin L（金蕾），Zhou YL（周延林），2003．Analysis on landscape pattern in the Tuoketuo region of Inner Mongolia［J］．*Chinese Journal of Applied Ecology*（应用生态学报），14（1）：85—89

Wan QH（万秋红），Fang SG（方盛国），Li JG（李建国）*et al.*，2005．The famliy network of giant panda in Tangjiahe nature reserve：an evaluation of contemporary gene flow［J］．*Chinese Science Bulletin*（科技通报），50（16）：1738—1745

Wang K（王库），Shi XZ（史学正），Yu DS（于东升）*et al.*，2003．Soil erosion dynamic based on landscape pattern in Xingguo county of Jiangxi Province［J］．*Journal of Soil and Water Conservation*（水土保持学报），17（4）：94—97

Wang Y（王 ），Hu JC（胡锦矗），Chen LM（谌利民）*et al.*，2005．Preliminary study on spatial niches of small mammals in Tangjiahe nature reserve［J］．*Acta Theriologica Sinica*（兽类学报），25（4）：379—384

Whittaker RH，1975．Communities and Ecosystems［M］．New York：Macmillan publishing Co．

Wu JG，2004．Effects of changing scale on landscape pattern analysis：scaling relations［J］．*Landscape Ecology*，19（2）：125—138

Wu JG，Shen WJ，Sun WZ *et al.*，2002．Empirical patterns of the effects of changing scale on landscape metrics［J］．*Landscape Ecology*，（17）：761—782

Xu X（胥晓），Shu ZY（苏智先），2005．A Study on Relationship between the Distribution Pattern of *Taxus chinensis* Population in Yele and the Slope Based on Patches Information［J］．*Acta Botanica Yunnanica*（云南植物研究），27（2）：137—143

Zhao WW（赵文武），Fu BJ（傅伯杰），Chen LD（陈利顶），2003．The effects of grain change on landscape indexes［J］．*Quaternary Sciences*（第四纪研究），23（3）：326—332

Zhang LQ（张利权），Wu JP（吴建平），Zhen H（甄彧）*et al.*，2004．A GIS-based gradient analysis of the urban landscape pattern of shanghai metropolitan region［J］．*Acta Phytoecologyica Sinica*（植物生态学报），28（1）：78—85

Zhang ZJ（张泽钧），Hu JC（胡锦矗），Wu H（吴华）*et al.*，2002．Analysis on population viability for giant panda in Tangjiahe［J］．*Acta Ecologica Sinica*（生态学报），22（7）：990—997